

(19)日本国特許庁 ( J P )

(12) 公 開 特 許 公 報 ( A )

(11)特許出願公開番号

特開平8-240491

(43)公開日 平成 8 年(1996) 9 月17日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 L 3/10			G 0 1 L 3/10	F
B 6 2 D 5/04			B 6 2 D 5/04	

審査請求 未請求 請求項の数1 F D (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平7-70403

(22)出願日 平成7年(1995) 3 月 6 日

(71)出願人 000004204

日本精工株式会社

東京都品川区大崎1丁目6番3号

(72)発明者 佐藤 浩一

群馬県前橋市鳥羽町78番地 日本精工株式会社内

(72)発明者 力石 一穂

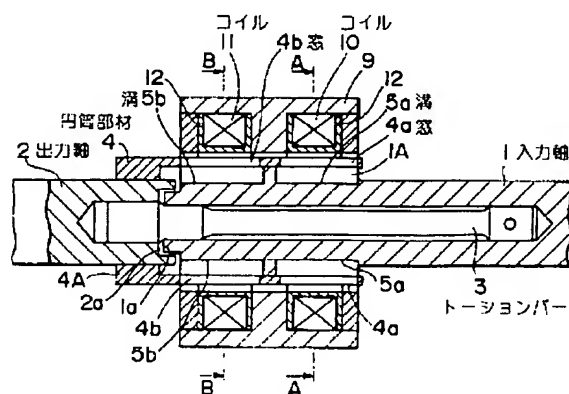
群馬県前橋市鳥羽町78番地 日本精工株式会社内

(54)【発明の名称】 トルクセンサ

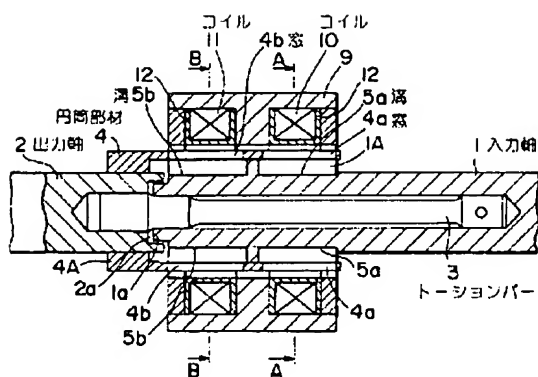
(57)【要約】

【目的】簡易な構成で高精度のトルク測定が行えるようにする。

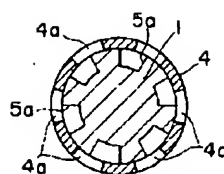
【構成】磁性材料からなる入力軸1に形成された大径部1Aに、周方向に間隔を開けて複数の溝5a、5bを形成するとともに、その大径部1Aを包囲するように、導電性で且つ非磁性の材料からなる肉薄の円筒部材4を、出力軸2と回転方向に一体とする。そして、円筒部材4には、円筒部材4及び大径部1A間の相対回転位置に応じて溝5a、5bとの重なり具合が変化するように、複数の窓4a、4bを形成し、円筒部材4の窓4aが形成された部分をコイル10で包囲し、窓4bが形成された部分はコイル11で包囲し、それらコイル10、11の自己誘導起電力を測定し、その結果に基づいてトルクを求めるようにする。



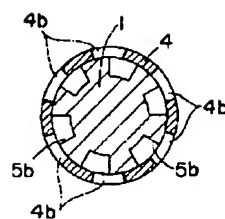
【圖 1】



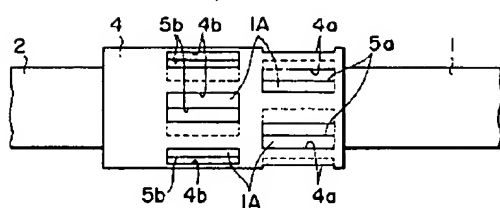
【図2】



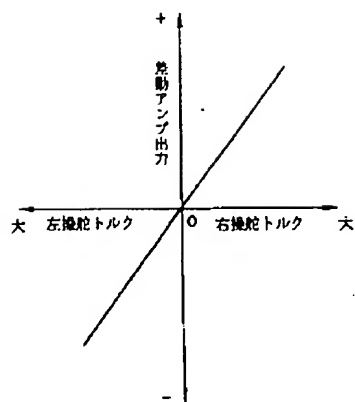
【図3】



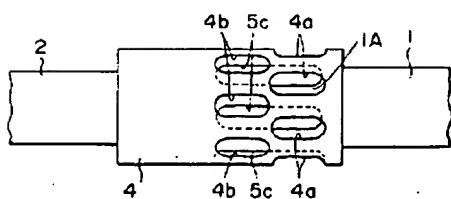
【图4】



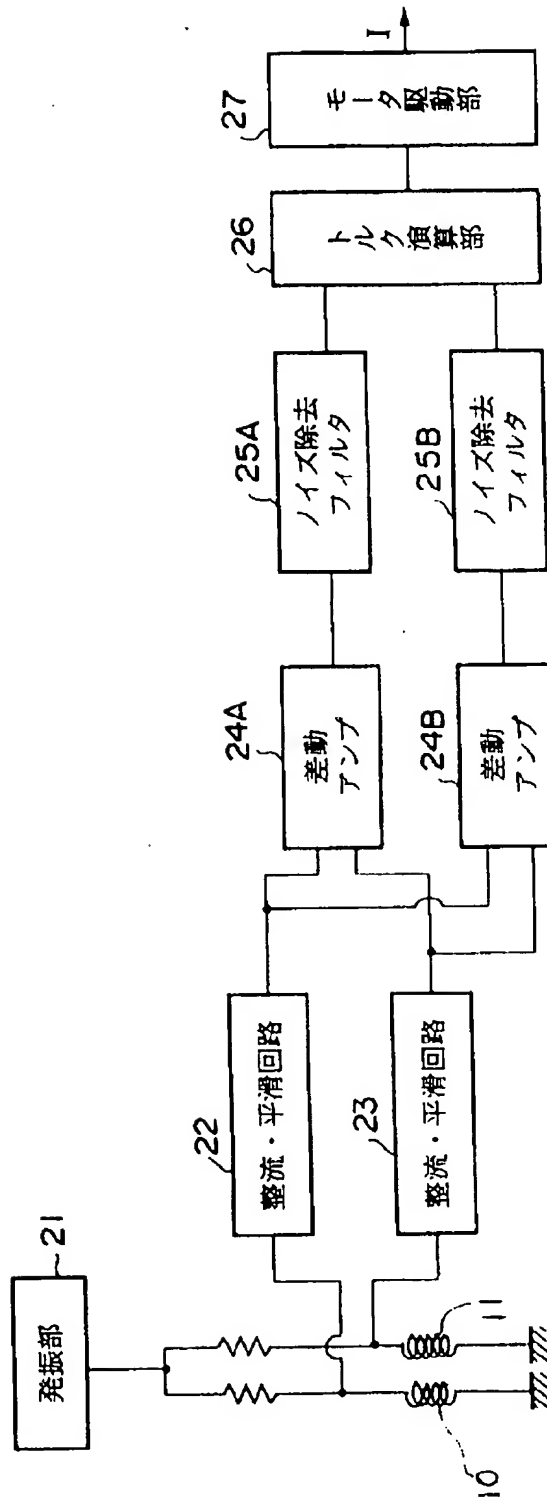
【图6】



【図7】



【図5】



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 同軸に配設された第1及び第2の回転軸をトーションバーを介して連結するとともに、導電性で且つ非磁性の材料からなる円筒部材を、前記第1の回転軸の外周面を包囲するように、前記第2の回転軸と回転方向に一体とし、前記第1の回転軸の少なくとも前記円筒部材に包囲された被包囲部を磁性材料で形成し、前記被包囲部に軸方向に延びる溝を形成し、前記円筒部材には、前記第1の回転軸との間の相対回転位置に応じて前記溝との重なり具合が変化するように窓を形成し、そして、前記円筒部材の前記窓が形成された部分を包囲するようにコイルを配設し、そのコイルに起電力を誘導させてこれを測定する起電力測定手段を設け、その起電力測定手段の測定結果に基づいて、前記第1及び第2の回転軸に発生するトルクを検出することを特徴とするトルクセンサ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、回転軸に発生するトルクを検出するトルクセンサに関し、特に、簡易な構造で検出感度が高まるようにしたものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来のトルクセンサとして、例えば特開昭57-190240号公報の第11図に開示されたものがあり、この従来のトルクセンサは、相対回転可能に同軸に配設された入力軸及び出力軸の重なり合った部分を、アルミニウム製の比較的短い円筒部材で包囲するとともに、入力軸及び出力軸間の相対変位に応じてその円筒部材を軸方向に進退させるようになっている。そして、円筒部材の周囲にはコイルが配設されていて、そのコイルに誘導される自己誘導起電力を測定し、その結果に基づいて入力軸及び出力軸間の相対回転変位（トルク）を検出するようにしていた。つまり、円筒部材が軸方向に進退すると、コイルの自己インダクタンスが変化するから、コイルの自己誘導起電力に基づけば入力軸及び出力軸に生じているトルクが検出できる、というものであった。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来のトルクセンサにあつては、第1及び第2の回転軸間の相対回転変位を、円筒部材の軸方向変位に変換する機構が必要であつたため、構造が複雑になりその分信頼性も落ちるという問題点があつた。また、アルミニウム製の円筒部材を変位させるだけでは、コイルの自己インダクタンスを急峻に変化させることはできなかった。このため、センサ感度を高くするには例えばコイルの巻き数を多くすること等が必要となるが、これでは装置の大型化等を招いてしまうという欠点がある。

【0004】本発明は、このような従来の技術が有する未解決の課題に着目してなされたものであつて、簡易な

構造でしかも検出感度を高めることができるトルクセンサを提供することを目的としている。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明に係るトルクセンサは、同軸に配設された第1及び第2の回転軸をトーションバーを介して連結するとともに、導電性で且つ非磁性の材料からなる円筒部材を、前記第1の回転軸の外周面を包囲するように、前記第2の回転軸と回転方向に一体とし、前記第1の回転軸の少なくとも前記円筒部材に包囲された被包囲部を磁性材料で形成し、前記被包囲部に軸方向に延びる溝を形成し、前記円筒部材には、前記第1の回転軸との間の相対回転位置に応じて前記溝との重なり具合が変化するように窓を形成し、そして、前記円筒部材の前記窓が形成された部分を包囲するようにコイルを配設し、そのコイルに起電力を誘導させてこれを測定する起電力測定手段を設け、その起電力測定手段の測定結果に基づいて、前記第1及び第2の回転軸に発生するトルクを検出するようにした。

## 【0006】

【作用】例えば第1の回転軸を入力軸とし、第2の回転軸を出力軸とすれば、第1の回転軸からトーションバーを介して第2の回転軸にトルクが伝達するため、それら第1の回転軸及び第2の回転軸間には、トーションバーの捩じれを伴って相対回転が生じる。すると、第1の回転軸と円筒部材との間にも相対回転が生じるから、第1の回転軸に形成された溝と、円筒部材に形成された窓との重なり具合が変化する。

【0007】そして、それら溝及び窓の重なり面積が大きければ、窓を通じて露出するのは被包囲部の表面ではなく溝の底面であるから、磁性材料からなる第1の回転軸の被包囲部表面の比較的多くの部分が導電性で且つ非磁性の材料で覆われたことと等価になる。逆に、その重なり面積が小さければ、窓を通じて露出するのは被包囲部の表面であるから、その磁性材料からなる第1の回転軸の被包囲部表面の比較的少ない部分が、導電性で且つ非磁性の材料で覆われたことと等価になる。

【0008】ここで、本発明における非磁性の材料とは、常磁性体及び一部の反磁性体のことであり、磁性材料とは、強磁性体のことである。そして、非磁性材料の透磁率は、空気と同程度であり、磁性体の透磁率に比べて小さい。また、導電体に磁束が鎖交するとその磁束の変化を妨げるように“うず電流”が生じ、これによって磁界が発生するため、物質内を均等に磁束が通らないで表皮部分に磁束が集中する表皮効果が表れる。従つて、導電性で且つ非磁性材料からなる領域は、空気よりも磁束を通し難い性質を有する。

【0009】このため、上述したように溝と窓との重なり具合の変化によって第1の回転軸の被包囲部表面の露出面積の割合（つまり、磁性材料が占める部分と、導電

性で且つ非磁性の材料が占める部分との割合)が変化すると、コイルの自己インダクタンス、相互インダクタンスは、磁性材料と、導電性で且つ非磁性の材料との間に磁束の通しやすさに大きな差があるから、第1の回転軸と円筒部材との間の相対回転に応じて急峻に変化する。

【0010】そして、コイルの誘導起電力が起電力測定手段によって測定されるが、コイルの自己インダクタンス、相互インダクタンスが、第1の回転軸と円筒部材との間の相対回転に応じて変化することから、その測定結果に基づけば、第1及び第2の回転軸に発生するトルクが検出される。

【0011】

【実施例】以下、この発明の実施例を図面に基づいて説明する。図1乃至図6は本発明の第1実施例を示す図であって、これは本発明に係るトルクセンサを、車両用の電動パワーステアリング装置に適用したものである。先ず、構成を説明すると、車両の操舵系の一部分の断面図である図1に示すように、同軸に且つ回転自在に配置された入力軸1及び出力軸2間が、トーションバー3を介して連結されている。なお、これら入力軸1及び出力軸2は、鉄等の磁性材料から形成されている。

【0012】入力軸1の図示しない図1右端側には、ステアリングホイールが回転方向に一体に取り付けられており、また、出力軸2の図示しない図1左端側には、例えば公知のラックアンドピニオン式ステアリング装置を構成するピニオン軸が連結されている。従って、操縦者がステアリングホイールを操舵することによって発生した操舵力は、入力軸1、トーションバー3、出力軸2及びラックアンドピニオン式ステアリング装置を介して、図示しない転舵輪に伝達する。

【0013】また、出力軸2の入力軸1側端面には、トーションバー3の挿入部からさらに径方向に延びた溝2aが形成されていて、この溝2aには、入力軸1の出力軸2側端面に形成された凸部1aが挿入されている。ただし、溝2aの幅(周方向寸法)は、凸部1aの幅よりも若干広くなっていて、これにより、入力軸1及び出力軸2間の所定範囲(例えば、±5度程度)以上の相対回転を防止している。

【0014】なお、出力軸2には、図示しない電動モータの回転力が例えばウォームギア等を介して伝達されるようになっている。つまり、電動モータへの駆動電流の方向及び大きさを適宜制御することにより、出力軸2に任意の方向及び大きさの操舵補助トルクが付与されるようになっている。一方、入力軸1の出力軸2に近接した部分の外周面には、入力軸1と同軸の大径部1Aが形成されていて、この大径部1Aの外周面に近接してこれを包囲するように、肉薄の円筒部材4が配設されている。

【0015】即ち、円筒部材4は、導電性で且つ非磁性の材料(例えば、アルミニウム)から形成され、その図1左方側端面内面には小径部4Aが形成されていて、そ

の小径部4Aが出力軸2と同軸に外嵌している。これにより、円筒部材4は出力軸2と回転方向に一体となっている。さらに、円筒部材4の大径部1Aを包囲する肉薄の部分のうち、小径部4Aから遠い側には、周方向に等間隔離隔した長方形の複数(この実施例では、六つ)の窓4a、…、4aが形成され、小径部4Aに近い側には、窓4a、…、4aと位相が180度ずれるように周方向に等間隔離隔した長方形(窓4aと同形状)の複数(この実施例では、六つ)の窓4b、…、4bが形成されている。

【0016】より具体的には、窓4a、…、4aは、円筒部材4の周面を周方向に12等分し、その12等分された領域を一つ置きに長方形に開口することにより形成されており、窓4b、…、4bは、窓4a、…、4a同士の間を開口していない部分に対応する部分を開口することにより形成されている。これに対し、入力軸1の円筒部材4で包囲される大径部1Aのうち、窓4a、…、4aが形成された部分の内側には、周方向に等間隔離隔し開口が長方形(窓4aと同形状)の軸方向に沿った複数(この実施例では、六つ)の溝5a、…、5aが形成され、窓4b、…、4bが形成された部分の内側には、溝5a、…、5aと同相に周方向に等間隔離隔し開口が長方形(溝5aと同形状)の軸方向に沿った複数(この実施例では、六つ)の溝5b、…、5bが形成されている。

【0017】ただし、入力軸1及び出力軸2間に相対回転が生じていないとき(操舵トルクが零のとき)に、図1のA-A線における入力軸1及び円筒部材4の断面図である図2に示すように窓4a及び溝5aが半分だけ重なるように、円筒部材4及び溝5aは位置合わせをされている。従って、図1のB-B線における入力軸1及び円筒部材4の断面図である図3に示すように、操舵トルクが零のときには、窓4b及び溝5bも半分だけ重なるようになるが、窓4aと4bとの間の位相が180度ずれているため、窓4a及び溝5aの重なり状態と、窓4b及び溝5bの重なり状態とは、図2、図3及び円筒部材4を固定した状態の入力軸1、出力軸2の正面図である図4からも明らかなように、周方向で逆になっている。

【0018】そして、円筒部材4は、同一規格のコイル10及び11が巻き付けられたボビン12を内周側に支持する磁性材料からなるヨーク9で包囲されている。即ち、コイル10及び11は、円筒部材4と同軸に配置されていて、コイル10は窓4a、…、4aが形成された部分を包囲するようにボビン12に巻き付けられ、コイル11は窓4b、…、4bが形成された部分を包囲するようにボビン12に巻き付けられている。

【0019】コイル10及び11は、図示しないセンサケースに収容されたモータ制御回路に接続されている。モータ制御回路は、例えば図5に示すように、所定周波

数の交流電流をコイル10、11に供給する発振部21と、コイル10の自己誘導起電力を整流及び平滑して出力する整流・平滑回路22と、コイル11の自己誘導起電力を整流及び平滑して出力する整流・平滑回路23と、整流・平滑回路22の出力及び整流平滑回路23の出力の差を増幅して出力する差動アンプ24A、24Bと、差動アンプ24Aの出力から高周波ノイズ成分を除去するノイズ除去フィルタ25Aと、差動アンプ24Bの出力から高周波ノイズ成分を除去するノイズ除去フィルタ25Bと、それらノイズ除去フィルタ25A、25Bの出力の例えば平均値に基づいて入力軸1及び円筒部材4の相対回転変位方向及び大きさを演算しその結果に例えば所定の比例定数を乗じて操舵系に発生している操舵トルクを求めるトルク演算部26と、トルク演算部26の演算結果に基づいて操舵トルクを軽減する操舵補助トルクが発生するような駆動電流Iを電動モータに供給するモータ駆動部27と、から構成されている。

【0020】次に、本実施例の動作を説明する。今、操舵系が直進状態にあり、操舵トルクが零であるものとする。入力軸1及び出力軸2間には相対回転は生じない。従って、入力軸1と円筒部材4の間にも、相対回転は生じない。一方、ステアリングホイールを操舵して入力軸1に回転力が生じると、その回転力は、トーションバー3を介して出力軸2に伝達される。このとき、出力軸2には、転舵輪及び路面間の摩擦力や出力軸2の図示しない左端側に構成されたラックアンドピニオン式ステアリング装置のギアの噛み合い等の摩擦力に応じた抵抗が生じるため、入力軸1及び出力軸2間には、トーションバー3が振じれることによって出力軸2が遅れる相対回転が発生し、入力軸1及び円筒部材4間にも相対回転が生じる。

【0021】ここで、例えば右操舵トルク（右回転方向操舵時に発生する操舵トルク）発生時には、操舵トルク零の場合に比べて、窓4a及び溝5aの重なり合った面積は小さくなり、窓4b及び溝5bの重なり合った面積は大きくなる。逆に、左操舵トルク（左回転方向操舵時に発生する操舵トルク）発生時には、操舵トルク零の場合に比べて、窓4a及び溝5aの重なり合った面積は大きくなるのに対し、窓4b及び溝5bの重なり合った面積は小さくなる。

【0022】そして、窓4a及び溝5a、窓4b及び溝5bが重なり合った部分は、大径部1Aの表面ではなく、溝5a、5bの底面を露出させることになる。換言すれば、大径部1Aの表面のうち、窓4a、4bを通じて露出する部分と、導電性で且つ非磁性の材料からなる円筒部材4で覆われた部分との割合が、操舵トルクに応じて変化するのであり、具体的には、右操舵トルク発生時には、その方向の操舵トルクが大きくなるに従って、コイル10の内側では大径部1A表面の露出割合が増大し、コイル11の内側ではその表面の露出割合は減少す

る。逆に、左操舵トルク発生時には、その方向の操舵トルクが大きくなるに従って、コイル10の内側では大径部1A表面の露出割合が減少し、コイル11の内側ではその表面の露出割合は増大する。

【0023】すると、大径部1Aは、円筒部材4よりも磁束を通しやすい性質を有しているため、右操舵トルク発生時には、コイル10の自己インダクタンスは増大しコイル11の自己インダクタンスは減少するから、コイル10の自己誘導起電力は大きくなり、コイル11の自己誘導起電力は小さくなる。逆に、左操舵トルク発生時には、コイル10の自己インダクタンスは減少しコイル11の自己インダクタンスは増大するから、コイル10の自己誘導起電力は小さくなり、コイル11の自己誘導起電力は大きくなる。

【0024】従って、コイル10及び11の自己誘導起電力の差を求める差動アンプ24A及び24Bの出力は、図6に示すように、操舵トルク方向及び大きさに従ってリニアに変化するようになる。また、差動アンプ24A及び24Bにおいて整流・平滑回路22、23の差を求めているため、温度等による自己インダクタンスの変化はキャンセルされる。

【0025】そして、トルク演算部26は、ノイズ除去フィルタ25A、25Bを介して供給される差動アンプ24A、24Bの出力の平均値を演算し、その値に例えば所定の比例定数を乗じて操舵トルクを求め、その結果をモータ駆動部27に供給する。モータ駆動部27は、操舵トルク方向及び大きさに応じた駆動電流Iを電動モータに供給する。

【0026】すると、電動モータには、操舵系に発生している操舵トルク方向及び大きさに応じた回転力が発生し、その回転力がウォームギア等を介して出力軸2に伝達されるから、出力軸2に操舵補助トルクが付与されたことになり、操舵トルクが減少し、操縦者の負担が軽減される。そして、導電性で且つ非磁性の材料からなる円筒部材4は、交番磁界と鎖交する場合には、うず電流が発生して磁束を通し難くなるため、空気よりも更に磁束を通し難い性質を有する。これに対し、磁性材料からなる入力軸1の大径部1Aは、磁束を通し易い（空気よりも通し易い）。従って、大径部1A表面の露出割合の変化は、コイル10、11の自己インダクタンスを急峻に変化させることになるから、差動アンプ24A、24Bの出力を急峻にしてセンサ感度を上げることができ

る。逆に、センサ感度が従来のままでよければ、コイル10、11の巻き数等を少なくしてコイル10、11を小型化できる。

【0027】また、円筒部材4を通過する磁束は、うず電流による表皮効果によって、コイル10、11に近い表皮部分に集中することになる。ちなみに、コイル10、11に供給する交流電流の周波数をf、円筒部材4をなす材料の透磁率を $\mu$ 、その電気伝導率を $\sigma$ とすれ

ば、磁束が集中する表皮の厚さ $\delta$ は、下記の(1)式のようになる。

$$\delta = 2 / (2\pi f \cdot \sigma \cdot \mu)^{1/2}$$

つまり、円筒部材4の厚みは、上記(1)式で求められる厚さ $\delta$ 以上あればよいから、円筒部材4を含んだセンサ部分の外径寸法を小さくできるし、円筒部材4が薄ければ、センサの外径寸法を最小限に抑えることができるばかりか、コイル10、11と大径部1Aとの間の距離を短くできるため、センサ感度をより向上させることができるという利点がある。

【0029】以上から、本実施例の構成であれば、トルクセンサが配設される部分を従来に比べて小型化(細く)できるという利点があり、本実施例のようにスペース的な余裕が小さい車両に適用される装置にとっては特に有益である。さらには、入力軸1及び出力軸2間の相対回転変位を他の部材の直進運動に変換する機構が必要がないから、構造が簡易であるし、変換機構が不要な分、精度が向上するという利点がある。

【0030】ここで、本実施例では、入力軸1が第1の回転軸に対応し、出力軸2が第2の回転軸に対応し、大径部1Aが磁性材料からなる被包囲部に対応し、発振部21、整流・平滑回路22、23及び差動アンプ24A、24Bによって起電力測定手段が構成される。図7は本発明の第2実施例を示す図であって、上記第1実施例の図4と同様に円筒部材4等を固定した状態の入力軸1、出力軸2の正面図である。なお、上記第1実施例と同様の部材、部位には、同じ符号を付し、その重複する説明は省略する。

【0031】即ち、上記第1実施例では、軸方向に離隔した二列の溝5a、…、5a、溝5b、…、5bを形成しているが、本実施例では、軸方向に長い溝5c、…、5cを形成することにより、それら二列の溝5a、…、5a、溝5b、…、5bを共通化したものである。これにより、製造コストを低減できるという利点がある。その他の作用効果は上記第1実施例と同様である。

【0032】なお、上記実施例では、信頼性を向上させるために、差動アンプ24A、24B及びノイズ除去フィルタ25A、25Bを二系統設けているが、これは必ずしも必要ではなく、個々の回路の信頼性が十分であれば一系統であってもよいし、逆に三系統以上設けてもよい。また、上記実施例では、本発明に係るトルクセンサを、車両用の電動パワーステアリング装置に適用した場合について説明したが、本発明の適用対象はこれに限定されるものではない。

【0033】そして、上記実施例では、コイル10、11の自己誘導起電力を測定する構成としているが、発振

\*【0028】

……(1)

※コイルを設けることにより相互誘導起電力を測定する構成としてもよい。或いは、差動を採ることなく、一つのコイルの自己誘導起電力、相互誘導起電力に基づいてトルクを求めるようにしてもよい。

【0034】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、第2の回転軸と一体に回転する導電性で且つ非磁性の材料からなる円筒部材に窓を形成するとともに、第1の回転軸の少なくとも円筒部材に包囲された被包囲部を磁性材料で形成し、その被包囲部に軸方向に延びる溝を形成し、そして、それら窓と溝との重なり具合の変化をコイルの起電力に基づいて測定し、その測定結果に基づいて第1及び第2の回転軸に発生するトルクを検出するようにしたため、簡易な構造で高精度のトルク検出が行え、しかも装置の小型化も図れるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例の構成を示す正断面図である。

【図2】図1のA-A線における円筒部材の断面図である。

【図3】図1のB-B線における円筒部材の断面図である。

【図4】円筒部材を固定した状態の正面図である。

【図5】モータの制御回路の一例を示す回路図である。

【図6】操舵トルクと差動アンプの出力との関係を示すグラフである。

【図7】本発明の第2実施例における円筒部材を固定した状態の正面図である。

【符号の説明】

1	入力軸(第1の回転軸)
1A	大径部(被包囲部)
2	出力軸(第2の回転軸)
3	トーションバー
4	円筒部材
4a、4b	窓
5a、5b、5c	溝
10、11	コイル
21	発振部
22、23	整流・平滑回路
24A、24B	差動アンプ
25A、25B	ノイズ除去フィルタ
26	トルク演算部
27	モータ駆動回路

PAT-NO: JP408240491A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 08240491 A  
TITLE: TORQUE SENSOR

PUBN-DATE: September 17, 1996

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SATO, KOICHI	
CHIKARAISHI, KAZUO	

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NIPPON SEIKO KK	N/A

APPL-NO: JP07070403  
APPL-DATE: March 6, 1995

INT-CL (IPC): G01L003/10 , B62D005/04

ABSTRACT:

PURPOSE: To measure torque with high accuracy by a simple constitution.

CONSTITUTION: Plural grooves 5a and 5b are formed at intervals in the circumferential direction in a large diameter part 1A formed on an input shaft 1 composed of a magnetic material, and a thin cylindrical member 4 composed of a conductive and nonmagnetic material is integrally formed in the rotational direction with an output shaft 2 so as to surround its large diameter part 1A. Plural windows 4a and 4b are formed in the cylindrical member 4 so that an overlapping condition with the grooves 5a and 5b changes according to a relative rotational position between the cylindrical member 4 and the large diameter part 1A, and a part having the window 4a of the cylindrical member 4 is surrounded by a coil 10, and a part having the window 4b is surrounded by a coil 11, and self-induction



electromotive force of these coils 10 and 11 is measured, and torque is found on the basis of its result.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO